

GONIOMETER

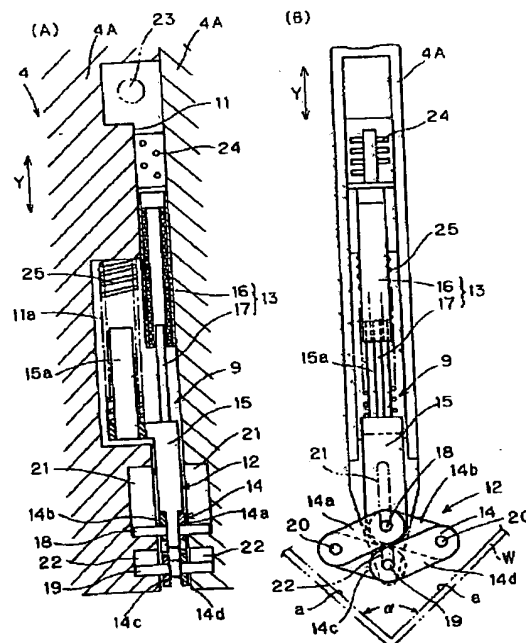
Patent Number: JP2001074408
Publication date: 2001-03-23
Inventor(s): ITO TOSHIYASU; GOTO TADATOSHI
Applicant(s): MURATA MACH LTD.; AMITEC:KK
Requested Patent: JP2001074408
Application Number: JP19990286743 19991007
Priority Number(s):
IPC Classification: G01B7/30; G01D5/20
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To facilitate incorporation into flat mechanical parts of male type, etc., of a bending machine with a small-sized simple structure, and further detect high resolution, facilitate compensation of temperature characteristics also, and measure with satisfactory accuracy.

SOLUTION: A goniometer comprises an angular contact tool 12 and an induction type of linear position detector 13 for measuring the displacement of a linear position of this angular contact tool 12. The linear position detector 13 has a winding part 16, a pin-like magnetic responding member 17 and a computing circuit. In the winding part 16, a plurality of coils are arranged in the forward and rearward direction of the magnetic responsive member 17, and excited according to AC signals of the same phase. The computing circuit fetches voltages of each coil, respectively, and a plurality of AC output signals indicating an amplitude according to a prescribed cyclic function characteristic, in correspondence to the forward and rearward direction of the magnetic responding member 17 are generated from its voltage.

Data supplied from the esp@cenet database - 12



(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定物の凹角部を形成する両側の角部形成面に接触して角部形成面間の開き角度に応じた直線位置の変位を生じる角部接触具と、この角部接触具の直線位置変位を測定する誘導型の直線位置検出器とを備えた角度測定器。

【請求項2】 前記角部接触具は、前記被測定物の凹角部内に進入して両側の角部形成面に接触する接触部品、およびこの接触部品の変位に伴って凹角部への進入方向の直線位置変位を生じる直線変位部品を有し、前記誘導型直線位置検出器は、巻線部と、この巻線部内を直線方向に進退自在とされて前記巻線部のインダクタンスを変化させるロッド状の磁気応答部材とを有し、この磁気応答部材が角部接触具の前記直線変位部品に結合される請求項1記載の角度測定器。

【請求項3】 前記直線位置検出器は、前記巻線部、前記磁気応答部材、および演算回路を有し、前記巻線部は、複数のコイルが磁気応答部材の進退方向に並べられて同相の交流信号によって励磁されるものであり、前記演算回路は、各コイルの電圧をそれぞれ取り出し、それらの電圧から磁気応答部材の進退位置に応じた所定の周期関数特性に従う振幅を示す複数の交流出力信号を生成するものである請求項2記載の角度測定器。

【請求項4】 前記直線位置検出器は、前記巻線部、前記磁気応答部材、インピーダンス手段、および演算回路を有し、前記巻線部のコイルおよび前記インピーダンス手段は互いに同相の交流信号でそれぞれ励磁および印加されるものであり、前記演算回路は、前記コイルおよびインピーダンス手段の電圧をそれぞれ取り出し、それらの電圧から磁気応答部材の進退位置に応じた所定の周期関数特性に従う振幅を示す複数の交流出力信号を生成するものである請求項2記載の角度測定器。

【請求項5】 前記演算回路は、前記の取り出した各電圧を、加算及び／または減算することにより、前記磁気応答部材の進退位置に応じた所定の周期関数特性に従う振幅をそれぞれ示す複数の交流出力信号を生成するアナログ演算回路であって、これら複数の各交流出力信号の振幅を規定する前記周期関数特性は所定位相だけ異なる同一特性の周期関数からなるものである請求項3または請求項4記載の角度測定器。

【請求項6】 前記生成された複数の交流出力信号を入力し、これら交流主力信号における振幅値の相関関係からその振幅値を規定する前記所定の周期関数における特定の位相値を検出し、検出した位相値に基づき磁気応答部材の進入位置を生成する振幅位相変換部を備えた請求項3ないし請求項5のいずれかに記載の角度測定器。

【請求項7】 前記誘導型直線位置検出器は、1相の交流信号によって励磁される1次巻線及び直線変位方向に関して異なる位置に配置された複数の2次巻線を含む巻線部と、検出対象たる直線位置に連動して前記巻線部に

対して相対的に変位されるものであり、かつ、所定の磁気応答特性を持つ磁気応答部材部を直線変位方向に沿って所定のピッチで複数繰返して設けて成り、前記相対的な変位に応じて前記磁気応答部材部の前記巻線部に対する対応位置が変化することにより前記1次巻線と各2次巻線間の磁気結合が前記検出対象直線位置に応じて変化され、これにより、該検出対象直線位置に応じて振幅変調された誘導出力交流信号を、各2次巻線の配置のずれに応じて異なる振幅関数特性で、各2次巻線に誘起させる磁気応答部材とを具備し、前記各2次巻線に誘起される各誘導出力交流信号は、その電氣的位相が同相であり、その振幅関数が前記磁気応答部材の繰返しピッチを1サイクルとして周期的にそれぞれ変化することを特徴とするものである請求項1または請求項2記載の角度測定器。

【請求項8】 前記直線位置検出器は、直線位置の変位を電氣的な位相角の変化で検出する検出器であって、同相の交流信号で励磁される複数のコイルと、直線位置が変位して前記コイルのインダクタンスを変化させる磁気応答部材と、演算回路とを有し、前記演算回路は、前記複数のコイルの出力電圧を組み合わせて複数の交流出力信号を生成し、これら複数の交流出力信号における振幅値の相関関係から、直線位置の変位に対応する位相角を検出するものとした請求項1または請求項2に記載の角度測定器。

【請求項9】 前記角部接触具は、被測定物の凹角部を形成する両側の角部形成面に、隣合う2つのリンクが各々接触し角部形成面間の開き角度に応じた直線位置の変位を所定部位に生じる平行リンクからなる請求項1ないし請求項8のいずれかに記載の角度測定器。

【請求項10】 角部接触具は、雌雄の型で板材を折曲する曲げ機械における雄型に支持されたものであり、被測定物は、前記雌雄の型で曲げられた板材である請求項1ないし請求項9のいずれかに記載の角度測定器。

【請求項11】 前記雄型は、型幅変更のために、型幅方向に多数並ぶ分割型に分割されていて、前記角部接触具および直線位置検出器は、いずれかの分割型の相互の分割面に形成された凹部に収容され、かつ前記角部接触具は、分割型の相互の分割面に形成されたガイドに前記所定部位の直線位置の変位が可能なように支持されたものである請求項10記載の角度測定器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、種々の被測定物の凹角部の角度、例えば板材の曲げ加工部等の角度を精密に測定する角度測定器に関する。

【0002】

【従来の技術と発明が解決しようとする課題】凹角部の角度測定は、種々の製品や加工に必要となる。例えば、プレスブレーキ等の曲げ機械においては、曲げ加工した

50

3
板材の曲げ部の角度をインラインで精度良く測定することが、加工品質の確保のために必要となる。このような凹角部の角度を測定する角度測定器には、種々のものが提案され、使用されている。

【0003】曲げ機械において、インラインで曲げ角度を測定する角度測定器としては、上型の近傍に設置されて、測定器挿脱機構によって板材の曲げ加工部に挿脱されるものが一般的である。この他に、上型に角度測定器を内蔵したものが、一部で提案されている。上記の測定器挿脱機構を用いるものとしては、平行リンク状の角部接触具を、板材の曲げ加工部に挿入し、この角部接触具が板材の角部形成面に接して生じるリンク結合部の直線位置の変位を、回転式のエンコーダで計測して曲げ角度を検出するものがある（特許第2630720号等）。これによれば、板材の姿勢に左右され難く、また板材の厚さ変動の影響や、板材の凹角部を成す両面の寸法に関係なく測定が行える。

【0004】しかし、角部接触具の直線位置変位をエンコーダの回転に変換するため、その運動変換部で生じる微細な誤差により、測定精度が制限され、より一層の測定精度の向上が難しい。また、測定器挿脱機構が必要のため、測定のための装置全体が大型化し、そのため、角度測定器を複数設置して板材の曲げ線方向に離れた複数箇所の角度測定を行うことが難しい。このような複数箇所の測定は、曲げ加工の通り精度の確保のために望ましい。上記の角度測定器を上型に内蔵できれば、複数箇所の設置が容易となるが、回転式のエンコーダは、縦横および奥行きが、共にある程度の寸法を有する立体的な形状であるため、プレスブレーキの上型のような偏平な部品に内蔵させることが難しい。プレスブレーキの上型は、例えば、厚みが数ミリ程度であり、このような偏平なプレス型の中に、プレス型の強度に影響を与えることなく内蔵できる角度測定器は、いまだ、実用例が殆どない。

【0005】プレスブレーキの上型に角度測定器を内蔵した提案例としては、互いに幅の異なる2つの走査エレメントを、板材の凹角部に挿入して各々の両端を凹角部の両面に接触させ、これら走査エレメントの凹角部への進入深さの差から、曲げ角度を換算するものが提案されている。各走査エレメントは、ディスク状または棒状のもの等とされている。進入深さの差は、PSD（位置反応検波器）等の光学的センサで検出する。しかし、光学的センサは、熱に弱く、曲げ加工に伴う発熱等で測定精度が低下する恐れがある。

【0006】この他の角度測定器としては、画像処理を応用した角度測定器として、半導体レーザでスリット光を被測定物に照射し、曲げ部の画像をCCDカメラで捕らえ、曲げ角度を求めるものがある。しかし、これは周囲の明るさの変動により、計測精度が大きく左右されるうえ、構造が複雑で高価なものとなる。

【0007】この発明の目的は、精度良く測定でき、小型で簡素な構成を持ち、かつ偏平な部品等への内蔵も容易な形状とできる角度測定器を提供することである。この発明の他の目的は、小型かつシンプルな構造を持つと共に、利用可能な位相角範囲を広くとることができ、高分解能での検出が可能で、温度特性の補償も容易な角度測定器を提供することである。この発明のさらに他の目的は、曲げ機械の型にコンパクトに内蔵でき、かつ簡素な構成のものとするところである。

【0008】

【課題を解決するための手段】この発明の角度測定器は、被測定物の凹角部を形成する両側の角部形成面に接触して角部形成面間の開き角度に応じた直線位置の変位を生じる角部接触具と、この角部接触具の直線位置変位を測定する誘導型の直線位置検出器とを備えたものである。この構成によると、角部接触具を被測定物の角部形成面に接触させることで、角部接触具が角部形成面間の開き角度に応じた直線変位を生じる。この直線変位が誘導型直線位置検出器で検出される。検出した直線変位は、演算式や換算用テーブル等の適宜の変換手段で角度値に変換することができる。角部接触具で生じた直線変位は、このように直接に直線位置検出器で検出するので、機械的な運動変換手段を介する場合のような誤差の生じる部分が介在せず、精度の良い検出が行える。誘導型直線位置検出器には、精度のよいものが開発されており、それを用いることで、より一層、精度の良い角度検出が行える。また、誘導型の直線位置検出器の場合、一般には、直線位置の変位方向に細長い形状となるため、角度測定器の全体形状を、偏平部品への内蔵が容易な形状のものに構成し易い。

【0009】この発明において、前記角部接触具は、前記被測定物の凹角部内に進入して両側の角部形成面に接触する接触部品、およびこの接触部品の変位に伴って凹角部への進入方向の直線位置変位を生じる直線変位部品を有し、前記誘導型直線位置検出器は、巻線部と、この巻線部内を直線方向に進退自在とされて前記巻線部のインダクタンスを変化させるロッド状の磁気応答部材とを有し、この磁気応答部材が角部接触具の前記直線変位部品に結合されるものであっても良い。なお、磁気応答部材は、部品全体がロッド状であれば良く、磁気に応答する部分は、その一部であっても良い。

【0010】この発明において、前記誘導型直線位置検出器は、前記巻線部、前記磁気応答部材、および演算回路を有し、前記巻線部は、複数のコイルが磁気応答部材の進退方向に並べられて同相の交流信号によって励磁されるものであり、前記演算回路は、各コイルの電圧をそれぞれ取り出し、それらの電圧から磁気応答部材の進退位置に応じた所定の周期関数特性に従う振幅を示す複数の交流出力信号を生成するものであっても良い。前記演算回路は、前記の取り出した各電圧を、加算及び/または

は減算することにより、前記磁気応答部材の進退位置に応じた所定の周期関数特性に従う振幅をそれぞれ示す複数の交流出力信号を生成するアナログ演算回路であって、これら複数の各交流出力信号の振幅を規定する前記周期関数特性は所定位相だけ異なる同一特性の周期関数からなるものであっても良い。

【0011】磁気応答部材は、典型的には、磁性体及び導電体の少なくとも一方を含んでなるものである。磁気応答部材が磁性体からなる場合は、磁気応答部材のコイルに対する近接又は進入の度合いが増すほど、そのコイルの自己インダクタンスが増加し、磁気応答部材の端部が1つのコイルの一端から他端まで変位する間でそのコイルの両端間電圧が漸増する。複数のコイルが検出対象の変位方向に沿って順次配列されてなることにより、これらコイルに対する磁気応答部材の位置が、検出対象の変位に応じて相対的に変位するにつれ、各コイルの両端間電圧の漸増（又は漸減）変化が順番に起こる。よって、このコイル端子間電圧の漸増（又は漸減）変化を、所定周期関数の部分的位相範囲での変化に見立ててこれらを組み合わせて利用することにより、検出対象位置に応じた所定の周期関数特性に従う振幅をそれぞれ示す複数の交流出力信号を生成することができる。すなわち、各コイルの端子間電圧をそれぞれ取り出し、それらを加算及び／又は減算して組合わせることにより、検出対象位置に応じて所定の周期関数特性に従う振幅をそれぞれ示す複数の交流出力信号を生成することができる。

【0012】例えば、典型的には、磁気応答部材の端部が1つのコイルの一端から他端まで変位する間に生じる該コイルの両端間電圧の漸増変化カーブは、例えばサイン関数における0度から90度までの範囲の関数値変化になぞらえることができる。また、この漸増変化カーブは、その振幅を負に反転して、所定レベル（オフセットレベル）を加算する電圧シフトを行なえば、所定レベルから漸減する漸減変化カーブに変換することができる。このような漸減変化カーブは、例えばサイン関数における90度から180度までの範囲の関数値変化になぞらえることができる。かくして、順番に並んだ4つのコイルにおける、順番に起こる、それらの両端間電圧の漸増変化は、必要に応じて適宜の加算及び／又は減算を施すことにより、サイン関数における0度から90度までの範囲の関数値変化、90度から180度までの範囲の関数値変化、180度から270度までの範囲の関数値変化、270度から360度までの範囲の関数値変化、にそれぞれなぞらえることができる。各範囲におけるカーブの傾斜方向や電圧シフトのオフセットレベルは、適切なアナログ演算により、適宜コントロールすることができる。しかして、検出対象位置に応じてサイン関数特性に従う振幅を示す第1の交流出力信号を生成することができ、また、このサイン関数に対して90度位相ずれた同一特性の周期関数つまりコサイン関数の特性に従う振

幅を示す第2の交流出力信号を生成することもできる。

【0013】このように、好ましい一実施形態として、検出対象位置に応じてサイン及びコサイン関数特性に従う振幅をそれぞれ示す2つの交流出力信号を生成することができる。例えば、検出対象位置を角度 θ に置き換えて示すと、概ね、サイン関数特性を示す振幅を持つ交流出力信号は、 $\sin \theta \sin \omega t$ で示すことができるものであり、コサイン関数特性を示す振幅を持つ交流出力信号は、 $\cos \theta \sin \omega t$ で示すことができるものである。これは、レゾルバといわれる位置検出器の出力信号の形態と同様のものであり、極めて有用なものである。例えば、前記アナログ演算回路で生成された前記2つの交流出力信号を入力し、これら2つの交流出力信号における振幅値の相関関係からその振幅値を規定する前記サイン及びコサイン関数における位相値を検出し、検出した位相値に基づき前記検出対象の位置検出データを生成する振幅位相変換部を具備するようにするとよい。

【0014】なお、磁気応答部材として、銅のような良導電体を使用した場合は、渦電流損によってコイルの自己インダクタンスが減少し、磁気応答部材の端部が1つのコイルの一端から他端まで変位する間でそのコイルの両端間電圧が漸減することになる。この場合も、上記と同様に検出することが可能である。磁気応答部材として、磁性体と導電体を組合わせたハイブリッドタイプのもを用いてもよい。別の実施形態として、磁気応答部材として永久磁石を含み、コイルは磁性体コアを含むようにしてもよい。この場合は、コイルの側の磁性体コアにおいて永久磁石の接近に応じて対応する箇所が磁気飽和又は過飽和となり、磁気応答部材すなわち永久磁石が1つのコイルの一端から他端まで変位する間でそのコイルの両端間電圧が漸減することになる。

【0015】かくして、この発明によれば、直線位置検出器は、1次コイルのみを設ければよく、2次コイルは不要であるため、小型かつシンプルな構造のものとなり、角度測定器を小型のものとなる。また、複数のコイルを検出対象の変位方向に沿って順次配列してなり、磁気応答部材の端部が1つのコイルの一端から他端まで変位する間でそのコイルの両端間電圧が漸増（又は漸減）する特性の変化が、各コイル間で順番に起こることで、各コイルの電圧をそれぞれ取り出してそれらを加算及び／又は減算して組合わせることにより、検出対象位置に応じて所定の周期関数特性に従う振幅をそれぞれ示す複数の交流出力信号（例えばサイン及びコサイン関数特性に従う振幅をそれぞれ示す2つの交流出力信号）を容易に生成することができ、利用可能な位相角範囲を広くとることができる。例えば、上記のように、0度から360度までのフルの位相角範囲で検出を行うことも可能である。同じ温度特性を示す複数のコイルの出力電圧を加算又は減算して組合わせて所定の周期関数特性に従う振幅をそれぞれ示す複数の交流出力信号を生成するの

(5)

7
で、温度特性が自動的に補償されることとなり、温度変化の影響を排除した位置検出を容易に行うことができる。更に、これら複数の交流出力信号における振幅値の相関関係から該振幅値を規定する所定周期関数（例えばサイン及びコサイン関数）における位相値を検出することで、検出対象の変位が微小でも高分解能での直線位置検出が可能である。したがって、高分解能で角度検出が行える。

【0016】この発明の別の観点に従えば、直線位置検出器は、検出対象位置にตอบสนองしてインダクタンスが変化するコイルが1つだけ設けられていてもよい。すなわち、直線位置検出器は、同相の交流信号によって励磁されるコイルと、前記コイルに対して相対的に変位するよう配置された磁気応答部材であって、検出対象位置に応じて磁気応答部材と前記コイルとの相対的位置が変化し、この相対的位置に応じてそのコイルのインダクタンスを変化させ、前記部材の端部がそのコイルの一端から他端まで変位する間で核コイルの両端間電圧が漸増又は漸減するようにしたものと、前記交流信号が印加されるインピーダンス手段と、前記コイル及び前記インピーダンス手段の電圧をそれぞれ取り出し、これらに基づき前記検出対象位置に応じて所定の周期関数特性に従う振幅をそれぞれ示す複数の交流出力信号を生成する回路であって、これら複数の各交流出力信号の振幅を規定する前記周期関数特性は所定位相だけ異なる同一特性の周期関数からなるものとを具えたものとする。

【0017】コイルが1つだけの場合、磁気応答部材の端部が1つのコイルの一端から他端まで変位する間に生じる該コイルの両端間電圧の漸増（又は漸減）変化カーブは1つだけしか発生されない。それだけでは、検出対象位置に応じて所定の周期関数特性に従う振幅をそれぞれ示す複数の交流出力信号、典型的には、検出対象位置に応じてサイン及びコサイン関数特性に従う振幅をそれぞれ示す2つの交流出力信号、を生成するのは困難である。そこで、ダミーの電圧発生手段として、前記交流信号が印加されるインピーダンス手段を設け、前記コイルの両端間電圧とこのダミーのインピーダンス手段の両端間電圧とを組合わせることで、検出対象位置に応じて所定の周期関数特性に従う振幅をそれぞれ示す複数の交流出力信号、典型的には、検出対象位置に応じてサイン及びコサイン関数特性に従う振幅をそれぞれ示す2つの交流出力信号、を生成することができるようにしている。ダミーのインピーダンス手段としては、抵抗素子でもよいし、コイルのようなインダクタンス手段でもよい。ただし、ダミーのコイルは、その自己インダクタンスが磁気応答部材の変位の影響を受けない配置であってよい。この発明の場合、上記の複数のコイルを設けるタイプと同様の効果を得ることができることに加えて、コイルが1個でよいと、超小型、微小変位の検出に適している。

【0018】また、本発明の別の観点に従えば、直線位置検出器は、同相の交流信号によって励磁される複数のコイルであって、検出対象の変位方向に沿って順次配列されてなるものと、前記コイルに対して相対的に変位するよう配置された磁気応答部材であって、検出対象位置に応じて磁気応答部材と前記コイルとの相対的位置が変化し、この相対的位置に応じて各コイルのインダクタンスを変化させ、前記部材の端部が1つのコイルの一端から他端まで変位する間でそのコイルの両端間電圧が漸増又は漸減するようにしたものと、前記各コイルの電圧をそれぞれ取り出し、それらを加算及び／又は減算することにより、前記検出対象位置に応じて所定の周期関数特性に従う振幅を示す交流出力信号を生成するアナログ演算回路とを具えるものであっても良い。この場合も2次コイルを省略した簡素な直線位置検出器となり、角度測定器の小型で高精度のものとなる。

【0019】さらに、本発明の別の観点に従えば、直線位置検出器は、1相の交流信号によって励磁される1次巻線及び直線変位方向に関して異なる位置に配置された複数の2次巻線を含む巻線部と、検出対象たる直線位置に連動して前記巻線部に対して相対的に変位されるものであり、かつ、所定の磁気応答特性を持つ磁気応答部材部を直線変位方向に沿って所定のピッチで複数繰返し設けて成り、前記相対変位に応じて前記部材の前記巻線部に対する対応位置が変化することにより前記1次巻線と各2次巻線間の磁気結合が前記検出対象直線位置に応じて変化する、これにより、その検出対象直線位置に応じて振幅変調された誘導出力交流信号を、各2次巻線の配置のずれに応じて異なる振幅関数特性で、各2次巻線に誘起させる磁気応答部材とを具備し、前記各2次巻線に誘起される各誘導出力交流信号は、その電氣的位相が同相であり、その振幅関数が前記磁気応答部材部の繰返しピッチを1サイクルとして周期的にそれぞれ変化するものであっても良い。この構成の直線位置検出器によれば、巻線部に一次および二次の巻線は必要となるが、1相の交流信号によって励磁する構成であるため、励磁回路の構成が簡単である、という利点を有する。また、磁気応答部材は、所定の磁気応答特性を持つ磁気応答部材部を直線変位方向に沿って所定のピッチで複数繰返し設けて成るので、2次巻線に誘起される誘導出力交流信号として、該磁気応答部材部の繰返しピッチを1サイクルとして周期的に変化する信号を得ることができ、検出可能範囲を拡大することができる。また、1ピッチの直線変位を360度フル回転の位相変化に換算して検出するため、微小変位を高分解能で検出できる。これにより、角度測定器として、広範囲の角度の測定をコンパクトな構成で行え、かつ高精度の検出が行える。

【0020】さらに、本発明の別の観点に従えば、前記直線位置検出器は、直線位置の変位を電氣的な位相角の変化で検出する誘導型の検出器であって、同相の交流信

(6)

9

号で励磁される複数のコイルと、直線位置が変位して前記コイルのインダクタンスを変化させる磁気応答部材と、演算回路とを有し、前記演算回路は、前記複数のコイルの出力電圧を組み合わせる複数の交流出力信号を生成し、これら複数の交流出力信号における振幅値の相関関係から、直線位置の変位に対応する位相角を検出するものとしても良い。この構成の場合、この発明の上記各観点を要約してわかるように、複数のコイルの出力電圧を組み合わせる複数の交流出力信号を生成するものとしたため、各コイルの温度特性が自動的に補償されることになり、温度変化の影響を排除した位置検出を容易に行うことができる。また、複数のコイルは、同相の交流信号で励磁されるようにしたため、電圧源が一つで済む。

【0021】この発明の角度測定器において、前記角部接触具は、被測定物の凹角部を形成する両側の角部形成面に、隣合う2つのリンクが各々接触し角部形成面間の開き角度に応じた直線位置の変位を所定部位に生じる平行リンクからなるものとしても良い。

【0022】この発明の角部接触具は、雌雄の型で板材を折曲する曲げ機械における雄型に支持されたものであっても良い。その場合、被測定物は、前記雌雄の型で曲げられた板材である。このように、雄型に角度測定器を支持させることで、雄型の曲げ加工等のための昇降に伴って角部接触具が被測定物である板材の曲げ部に進入することになり、角度測定器を測定のために進退駆動する専用の機構が不要となる。

【0023】前記雄型は、型幅変更のために、型幅方向に多数並ぶ分割型に分割されていて、前記角部接触具および直線位置検出器は、いずれかの分割型の相互の分割面に形成された凹部に収容され、かつ前記角部接触具は、分割型の相互の分割面に形成されたガイドに前記所定部位の直線位置の変位が可能のように支持されたものであっても良い。このように、型幅方向に並ぶ分割型の分割面に凹部を形成し、角部接触具を収容した場合、型幅変更のための分割を角部接触具の内蔵に利用でき、角部接触具の雄型への内蔵が容易となる。そのため、型幅方向の複数箇所に角部接触具を配置することが容易で、曲げ加工の通り精度を確保することも容易となる。また、分割型に形成したガイドで、角部接触具を直線位置変位可能のように支持させることで、角部接触具のガイドを別途に設けることが不要となり、部品点数が削減されると共に、より一層構造がコンパクト化される。

【0024】

【発明の実施の形態】この発明の一実施形態を図面と共に説明する。図1は角度測定器を備えた曲げ機械の正面図、図2はその側面図である。この曲げ機械は、プレスブレーキであり、ベッド1上に雌型となる直線状の下型2が取付けられ、ラム3の下端に雄型となる上型4が取付けられている。ラム3は、両側部でガイド5によりベッド1に昇降自在に設置され、ラム昇降駆動装置6によ

り昇降駆動される。ラム昇降駆動装置6は、電動モータまたは油圧シリンダ等からなり、任意位置に昇降位置の制御が可能なものとされている。下型2および上型4は、各々型幅方向に複数の分割型2A、4Aに分割されていて、分割型2A、4Aの配列個数の選択により、型幅変更が可能とされている。この型幅変更は、分割型2A、4Aを、加工に使用する使用位置（図示された位置）と退避位置との間に、分割型選択機構（図示せず）で移動させることにより行われる。上型4における一部ないし全部の分割型4Aに、角度測定器9が設けられている。

【0025】ベッド1には下型2の前後に板材支持台7およびゲージ8が設置されている。折り曲げるべき板材Wは、板材支持台7に載せられてゲージ8に当たるまで、下型2の上に挿入され、ラム3による上型4の下降により、雌型の下型2と雄型の上型4とで挟まれて、板材WがV字状に折り曲げられる。

【0026】下型2は、この実施形態では3点ベンド用のものとされ、図7に示すように角型の下型溝2aを持つものとされている。また、下型2は、可変底部2aaを有し、可変底部2aaの上下位置調整により溝深さが可変とされている。可変底部2aaは、底面高さ調整機構29により、上記位置調整が行われる。底面高さ調整機構29は、可変底部2aaの傾斜した底面に接して進退自在にテーパ部材29aと、このテーパ部材29aを進退させる送りねじ機構29bと、その駆動用のモータ29cとで構成される。上型4は、先端部4aが鋭角状のV字状断面形状とされていて、その先端縁4aaは、鈍角のV字状断面ないし円弧状曲面の断面形状とされている。上型4の厚さは、下型2の溝幅よりも十分に薄い厚さとされている。このような3点ベンド用の下型2を用いた場合、板材Wの曲げは、板材Wが下型2の溝底に達するまで上型4を下降させることで行われる。板材Wの曲げ角度は、下型2の溝幅および溝深さで略定まり、これに曲げ荷重、つまり上型4を下降させる加圧力と、上型4の円弧状ないし鈍角状となった先端縁4aaの断面形状が要因に加わって定まる。

【0027】下型2は、図7のような3点ベンド用のもの他に、図8に示すようなエアベンド用のものや、図9に示すようなボトムング用のものを用いても良い。図9に示すようなボトムング用の下型2の場合、その型面となる下型溝2b、2cはいずれもV溝状とされるが、下型2と板材Wとの接触点は、エアベンド用では下型溝2bの開口縁4ba、ボトムング用では下型溝4cの溝底付近部4caとなる。板材Wの曲げ角度は、エアベンドおよびボトムングとも、下型溝2bの溝幅、溝両側面の成す角度、上型2の先端縁4aaの断面形状、および上型2の下型内への突っ込み量によって定まる。

【0028】図3は、上型4の一つの分割型4Aを示

す。分割型4Aは、前記の分割型選択機構に係合させる係合部10を上部に有し、分割型相互の隣接面となる側端面に角度測定器の收容凹部11が設けられている。この收容凹部11は、上下に延びる溝状に形成され、この收容凹部11内に、図5に示すように角度測定器9が設置される。

【0029】角度測定器9は、角部接触具12と誘導型の直線位置検出器13とで構成され、各々角度測定器收容凹部11の下部および上部に收容されている。角部接触具12は、被測定物となる板材Wの曲げ加工された凹角部を形成する両側の角部形成面a、aに接触して角部形成面a、a間の開き角度 α に応じた直線位置の変位をY方向に生じるものである。直線位置検出器13は、この角部接触具12の直線位置の変位を測定するものである。

【0030】角部接触具12は、板材Wの凹角部内に進入して両側の角部形成面a、aに接触する接触部品14と、この接触部品14の変位に伴って凹角部への進入方向(上下方向)Yの直線位置変位を生じる直線変位部品15を有する。直線位置検出器13は、巻線部16と、この巻線部16内を直線方向に進退自在とされるロッド状の磁気応答部材17とを有し、この磁気応答部材17が角部接触具12の直線変位部品15に固定される。

【0031】接触部品14は、4枚のリンク14a~14dからなる平行リンク機構として構成され、これらリンク14a~14dは、上下に離れた2本の支持ピン18、19と、左右に離れた2本の連結ピン20、20とで順次連結されている。上側の支持ピン18は、直線変位部品15に設けられていて、ガイド21により上下方向にのみ所定範囲(ガイド長さの範囲)で移動自在に案内される。下側の支持ピン19は、直線変位部品15から離れて設けられ、ガイド22により上下方向にのみ所定の遊び範囲(ガイド長さの範囲)で移動自在に案内される。下側の支持ピン19は基準位置側の支持ピンとなり、上側の支持ピン18は変位側の支持ピンとなる。左右の連結ピン20、20は任意に移動自在とされている。上記ガイド21、22は、隣接する両側の分割型4A、4Aの側端面に形成された対向する一对のガイド溝として形成され、支持ピン18、19は、リンク14a~14dから両側に突出してその突出部分がガイド21、22に移動自在に嵌合する。基準位置側のガイド22は、遊び範囲が比較的に小さくなるように設定される。なお、基準側のガイド22は、図4(B)に変形例を示すように、支持ピン19が横方向に移動可能な遊びを生じるものであっても良い。図5において、直線変位部品15は、分割型4Aに上下方向にのみ移動自在に設置され、復帰用弾性体25により下方に付勢されている。復帰用弾性体25は圧縮コイルばねからなり、直線変位部品15に突設された軸部15aの外周に設けられている。これら復帰用弾性体25および直線変位部品1

5の一部は、角度測定器收容凹部11内に設けられた下方の深溝部11a内に收容されている。磁気応答部材17は、その軸心が上下の支持ピン18、19と直交する位置で、直線変位部品15に上方へ突出して固定されている。巻線部16の端子群16aは、巻線部16の上部に設けられ、分割型4Aに設けられた配線孔23から導出されている。

【0032】なお、角度測定器9として、その構成部品を考えると、分割型4Aは、直線位置検出器13の巻線部16を設置すると共に、角部接触具12を進退自在に支持した接触具案内部材となる。

【0033】誘導型の直線位置検出器13は、電磁誘導の原理を利用して直線位置の変位を検出する装置を言い、これには一般の差動トランスや、検出対象直線位置に相関する電気的位相角を持つ交流信号を出力するようにした位相シフトタイプの直線位置検出器も含まれる。この例では、誘導型の直線位置検出器13として、次の構成のものが用いられている。

【0034】この直線位置検出器13は、図10に示すように、コイルを1次コイルのみとしたものである。同図の例は、サイン及びコサイン関数特性を示す振幅をそれぞれ持つ2つの交流出力信号において、電気角で0度から360度までのフルの範囲での振幅変化が得られるようにする例を示す。図10(A)は、この直線位置検出器における巻線部16と磁気応答部材17との物理的配置関係の一例を外観略図によって示すもの、同図

(B)はそのコイル軸方向断面略図、同図(C)は巻線部16の電気回路の一例を示す図である。図10に示す位置検出装置は、検出対象の直線位置を検出するものであり、例えば、巻線部16が相対的に固定されており、磁気応答部材17が検出対象の変位に応じて相対的に直線変位する。磁気応答部材17は、コイルに対して磁気的に特性を変化させる材質の部材であり、磁性体または良導電体からなる。磁気応答部材17は、一部のみを磁性体または良導電体としたものであっても良いが、この例では全体を磁性体または良導電体としてあり、例えば針金のような細いピン状の部材とされている。巻線部16は、交流源50から発生された同相の交流信号 $\sin \omega t$ によって励磁される複数のコイル $L\alpha$ 、 LA 、 LB 、 LC 、 LD 、 $L\beta$ を、検出対象の変位方向に沿って順次配列してなる。磁気応答部材17の巻線部16に対する相対位置が変化することにより、その位置に応じて各コイル $L\alpha$ 、 LA 、 LB 、 LC 、 LD 、 $L\beta$ のインダクタンスが変化し、磁気応答部材17の端部17aが1つのコイルの一端から他端まで変位する間で、そのコイルの両端間電圧が漸増又は漸減するようになる。

【0035】この例では、コイル数は6個としてあり、真中の4つのコイル LA 、 LB 、 LC 、 LD に対応する範囲が有効検出範囲である。1つのコイルの長さをKとすると、その4倍の長さ4Kが有効検出範囲となる。有

13
効検出範囲の前後に1つずつ設けられたコイル $L\alpha$ 、 $L\beta$ は補助コイルである。補助コイル $L\alpha$ 、 $L\beta$ は、コサイン関数特性を忠実に得ることができるようにするために設けたものであり、精度をそれほど追及しない場合は、省略可能である。各コイル $L\alpha$ 、 LA 、 LB 、 LC 、 LD 、 $L\beta$ は、物理的に切り離された別々のコイルである必要はなく、一連のコイルの間に端子を設け、各端子間を個別のコイルとしても良い。アナログ演算回路40、41は、抵抗回路群 $RS1$ 、 $RS2$ とオペアンプ $OP1$ 、 $OP2$ とを含んで構成されており、端子43、44、45、46、47、48、49を介して各コイル $L\alpha$ 、 LA 、 LB 、 LC 、 LD 、 $L\beta$ の端子間電圧 $V\alpha$ 、 VA 、 VB 、 VC 、 VD 、 $V\beta$ をそれぞれ取り出し、それらを加算及び／又は減算することにより、検出対象位置（磁気応答部材17の端部71aの巻線部16内への進入位置）に応じて所定の周期関数特性に従う振幅をそれぞれ示す複数の交流出力信号 $\sin\theta\sin\omega t$ および $\cos\theta\sin\omega t$ を生成する。これらの交流出力信号 $\sin\theta\sin\omega t$ および $\cos\theta\sin\omega t$ を位相検出回路42に投入し、その振幅関数 $\sin\theta$ 及び $\cos\theta$ の位相角成分 θ を検出することで、検出対象位置をアブソリュートで検出することができる。巻線部16におけるコイルの数や配置等は、図示例に限らず、種々に変更可能である。また、各端子43～49の出力は、ディジタル処理を行うようにしても良い。同図の例の誘導型直線位置検出器13は、小型で高精度な角度検出が行えるため、これを角度測定器9に用いることで、角度測定器9を曲げ機械の上型4内にコンパクトに納めることができ、簡単な構成で精度の良い曲げ加工が行える。

【0036】この直線位置検出器13の作用を具体的に説明する。磁気応答部材17の各コイルに対する近接又は進入の度合いが増すほど各コイルの自己インダクタンスが増加し、この部材の端部が1つのコイルの一端から他端まで変位する間で、そのコイルの両端間電圧が漸増する。複数のコイル $L\alpha$ 、 LA 、 LB 、 LC 、 LD 、 $L\beta$ が検出対象の変位方向に沿って順次配列されてなること

$$(VA - V\alpha) + (VB - VC) + (VB - VD) \dots \text{式}(2)$$

なお、式(2)の演算に代えて、下記の式(2')の演算を行なってもよい。

$$(VA - V\alpha) + (VB - VC) - VD \dots \text{式}(2')$$

【0039】なお、式(2)で求めたマイナス・コサイン関数特性の交流出力信号「 $-\cos\theta\sin\omega t$ 」を電氣的に180度位相反転処理することで、実際に、 $\cos\theta\sin\omega t$ で示される信号を生成し、これをコサイン関数特性の交流出力信号としてもよい。しかし、後※

$$(V\alpha - VA) + (VC - VB) + (VD - V\beta) \dots \text{式}(2'')$$

【0040】各交流出力信号の振幅成分であるサイン及びコサイン関数における位相角 θ は、検出対象位置に対応しており、90度の範囲の位相角 θ が、1個のコイルの長さKに対応している。従って、4Kの長さの有効検

※とにより、これらコイルに対する磁気応答部材の位置が、検出対象の変位に応じて相対的に変位するにつれ、図11(A)に例示するように、各コイルの両端間電圧 $V\alpha$ 、 VA 、 VB 、 VC 、 VD 、 $V\beta$ の漸増変化が順番に起こる。図11(A)において、あるコイルの出力電圧が傾斜している区間において、そのコイルの一端から他端に向かって磁気応答部材17の端部が変位していることになる。典型的には、磁気応答部材17の端部がある1つのコイルの一端から他端まで変位する間に生じる該コイルの両端間電圧の漸増変化カーブは、サイン又はコサイン関数における90度の範囲の関数値変化になぞらえることができる。そこで、各コイルの出力電圧 $V\alpha$ 、 VA 、 VB 、 VC 、 VD 、 $V\beta$ をそれぞれ適切に組み合わせることで加算及び／又は減算することにより、検出対象位置に応じたサイン及びコサイン関数特性を示す振幅をそれぞれ持つ2つの交流出力信号 $\sin\theta\sin\omega t$ 及び $\cos\theta\sin\omega t$ を生成することができる。

【0037】すなわち、アナログ演算回路40では、コイル LA 、 LB 、 LC 、 LD の出力電圧 VA 、 VB 、 VC 、 VD を下記式(1)のように演算することで、図11(B)に示すようなサイン関数特性の振幅カーブを示す交流出力信号を得ることができ、これは、等価的に「 $\sin\theta\sin\omega t$ 」で示すことができる。

$$(VA - VB) + (VD - VC) \dots \text{式}(1)$$

【0038】また、アナログ演算回路41では、コイル $L\alpha$ 、 LA 、 LB 、 LC 、 LD 、 $L\beta$ の出力電圧 $V\alpha$ 、 VA 、 VB 、 VC 、 VD 、 $V\beta$ を下記式(2)のように演算することで、図11(B)に示すようなコサイン関数特性の振幅カーブを示す交流出力信号を得ることができる。なお、図11(B)に示すコサイン関数特性の振幅カーブは、実際はマイナス・コサイン関数特性つまり「 $-\cos\theta\sin\omega t$ 」であるが、サイン関数特性に対して90度のずれを示すものであるからコサイン関数特性に相当するものである。従って、これをコサイン関数特性の交流出力信号といい、以下、等価的に「 $\cos\theta\sin\omega t$ 」で示す。

$$(VA - V\alpha) + (VB - VC) + (VB - VD) \dots \text{式}(2)$$

※段の位相検出回路（振幅位相変換回路）42で、例えば、コサイン関数特性の交流出力信号を「 $-\cos\theta\sin\omega t$ 」の形で減算演算に使用するような場合は、マイナス・コサイン関数特性の交流出力信号「 $-\cos\theta\sin\omega t$ 」のままで使用すればよい。なお、式(2)の演算に代えて、下記の式(2'')の演算を行えば、実際にコサイン関数特性の交流出力信号「 $\cos\theta\sin\omega t$ 」を生成することができる。

出範囲は、位相角 θ の0度から360度までの範囲に対応している。よって、この位相角 θ を検出することにより、4Kの長さの範囲における検出対象位置をアブソリュートで検出することができる。

【0041】ここで、温度特性の補償について説明すると、温度に応じて各コイルのインピーダンスが変化し、その出力電圧 $V\alpha$ 、 VA 、 VB 、 VC 、 VD 、 $V\beta$ も変動する。例えば、図11(A)で実線のカーブに対して破線で示すように各電圧が一方に増加または減少変動する。しかし、これらを加減算合成したサイン及びコサイン関数特性の交流出力信号 $\sin\theta\sin\omega t$ 及び $\cos\theta\sin\omega t$ においては、図11(B)で実線のカーブに対して破線で示すように正負両方向の振幅変化として表れる。これを振幅係数 A を用いて示すと、 $A\sin\theta\sin\omega t$ 及び $A\cos\theta\sin\omega t$ となり、この振幅係数 A が周辺環境温度に応じて変化することとなり、この変化は2つの交流出力信号において同じように現われる。ここから明らかなように、温度特性を示す振幅係数 A は、それぞれのサイン及びコサイン関数における位相角 θ に対して影響を及ぼさない。従って、この実施形態においては、自動的に温度特性の補償がされることとなり、精度のよい位置検出が期待できる。

【0042】サイン及びコサイン関数特性の交流出力信号 $\sin\theta\sin\omega t$ 及び $\cos\theta\sin\omega t$ における振幅関数 $\sin\theta$ 及び $\cos\theta$ の位相成分 θ を、位相検出回路(若しくは振幅位相変換手段)42で計測することで、検出対象位置をアブソリュートで検出することができる。この位相検出回路22としては、例えば特開平9-126809号公報に示された技術を用いて構成するとよい。あるいは、公知のレソルバ出力を処理するために使用されるR-Dコンバータを、この位相検出回路42として使用するようにしてもよい。

【0043】なお、図11(B)に示すように、サイン及びコサイン関数特性の交流出力信号 $\sin\theta\sin\omega t$ 及び $\cos\theta\sin\omega t$ における振幅特性は、角度 e と検出対象位置 x との対応関係が線形性を持つものとする。しかし、位相検出回路42では、見かけ上、この交流出力信号 $\sin\theta\sin\omega t$ 及び $\cos\theta\sin\omega t$ をそれぞれサイン及びコサイン関数の振幅特性を持つものとして位相検出処理する。その結果、検出した位相角 θ は、検出対象位置 x に対して、線形性を示さないことになる。しかし、位置検出にあたっては、そのように、検出力データ(検出した位相角 θ)と実際の検出対象位置との非直線性はあまり重要な問題とはならない。つまり、所定の反復再現性をもって位置検出を行なうことができる。また、必要とあらば、位相検出回路42の出力データを適宜のデータ変換テーブルを用いてデータ変換することにより、検出力データと実際の検出対象位置との間に正確な線形性を持たせることが容易に行なえる。よって、この明細書でいうサイン及びコサイン関数の振幅特性を持つ交流出力信号 $\sin\theta\sin\omega t$ 及び $\cos\theta\sin\omega t$ とは、真のサイン及びコサイン関数特性を示していなければならないもので

はなく、図11(B)に示されるように、実際は三角波形状のようなものであってよいものであり、要するに、そのような傾向を示していればよい。つまり、サイン等の三角関数に類似した周期関数であればよい。なお、図11(B)の例では、観点を変えて、その機軸の目盛を θ と見立ててその目盛が所要の非線形目盛からなっているとすれば、機軸の目盛を x と見立てた場合には見かけ上三角波形状に見えるものであっても、 θ に関してはサイン関数又はコサイン関数といえることができる。

【0044】サイン及びコサイン関数特性の交流出力信号 $\sin\theta\sin\omega t$ 及び $\cos\theta\sin\omega t$ における振幅関数 $\sin e$ 及び $\cos e$ の位相成分 e の変化範囲は、上記実施例のような0度から360度までのフル範囲での変化に限らず、それよりも狭い限られた角度範囲での変化であってもよい。その場合は、コイルの構成を簡略化することができる。微小変位検出を目的とする場合には有効検出範囲は狭くてもよいので、そのような場合に、検出可能位相範囲は360度未満の適宜の範囲であってよい。その他、検出目的に応じて、検出可能位相範囲が360度未満の適宜の範囲であってよい場合が種々あるので、そのような場合に適宜応用可能である。以下、それらの変形例について示す。

【0045】図12は、0度から180度までの範囲での位相変化を生じさせることができる例を示す。この場合、巻線部16は、有効検出範囲に対応する2つのコイル $L\alpha$ 、 $L\beta$ とその後後に1つずつ設けられた補助コイル $L\alpha$ 、 $L\beta$ とによって構成される。アナログ演算回路53では、各コイルの端子間電圧 $V\alpha$ 、 VA 、 VB 、 $V\beta$ を入力し、例えば、下記式(3)のように演算することでサイン関数特性の振幅カーブを示す交流出力信号 $\sin\theta\sin\omega t$ を生成し、下記式(4)のように積算することでコサイン関数特性の振幅カーブを示す交流出力信号 $\cos\theta\sin\omega t$ を生成する。

$$VA - VB \quad \dots \text{式(3)}$$

$$(VA - V\alpha) + (VB - V\beta) \quad \dots \text{式(4)}$$

【0046】図13は、0度から90度までの範囲での位相変化を生じさせることができる例を示す。この場合、巻線部16は、有効検出範囲に対応する1つのコイル $L\alpha$ とその後後に1つずつ設けられた補助コイル $L\alpha$ 、 $L\beta$ とによって構成される。アナログ演算回路54では、各コイルの端子間電圧 $V\alpha$ 、 VA 、 $V\beta$ を入力し、例えば、下記式(5)のように演算することでサイン関数特性の振幅カーブを示す交流出力信号 $\sin\theta\sin\omega t$ を生成し、下記式(6)のように演算することでコサイン関数特性の振幅カーブを示す交流出力信号 $\cos\theta\sin\omega t$ を生成する。

$$VA - V\beta \quad \dots \text{式(5)}$$

$$VA - V\alpha \quad \dots \text{式(6)}$$

【0047】上記の各例では、有効検出範囲の前後にそれぞれ補助コイル $L\alpha$ 、 $L\beta$ を設けているが、これらの

補助コイル $L\alpha$ 、 $L\beta$ を省略することもできる。図14は、その一例であり、0度から180度までの範囲での位相変化を生じさせることができる例を示す。

【0048】この場合、コイル L_A 、 L_B の両端間電圧 V_A 、 V_B を減算回路25で減算することにより、その減算結果「 $V_A - V_B$ 」として、サイン関数特性の交流出力信号 $\sin\theta \sin\omega t$ を生成することができる。また、コイル L_A 、 L_B の両端間電圧 V_A 、 V_B を加算回路56で加算し、その加算結果 $V_A + V_B$ から定電圧発生回路57から発生した定電圧 V_N を減算回路58で減算することにより、その減算結果「 $V_A + V_B - V_N$ 」として、コサイン関数特性の交流出力信号 $\cos\theta \sin\omega t$ を生成することができる。ここで、定電圧発生回路57から発生する定電圧 V_N が、コイル L_A 、 L_B の温度特性変化と同じように温度特性を持って変化するようにするものとする。そのために、定電圧発生回路57は、コイル L_A 又は L_B と同等の特性を持つダミーコイルを用いて構成し、同じ励磁交流信号によって励磁するようにすればよい。

【0049】直線位置検出器13の別の例として、有効検出範囲に対応して1個のコイルのみを設けるようにしてもよい。その場合、1個のコイルのコイル長 K に対応する有効検出範囲の位相変化幅は、90度未満となる。図15はその一例を示すもので、1個のコイル L_A を設けてなり、このコイル L_A に直列に抵抗素子 R_I を接続してなる。これにより、磁気応答部材17の変位に応じてコイル L_A の端子間電圧 V_A の振幅成分が漸増変化すると、これに応じて抵抗素子 R_I の端子間の電圧降下 V_R の振幅成分が漸減変化する。抵抗素子 R_I の端子間電圧 V_R をサイン関数特性の交流出力信号 $\sin\theta \sin\omega t$ とみなし、コイル L_A の端子間電圧 V_A をコサイン関数特性の交流出力信号 $\cos\theta \sin\omega t$ とみなせば、サイン関数とコサイン関数とがクロスする或る90度未満の幅の角度範囲における特性に対応づけることができる。よって、これらの交流出力信号を位相検出回路42に入力することにより、該当する90度未満の幅の角度範囲における位相角 θ をアブソリュート検出することができる。

【0050】図16は、図15の変形例であり、抵抗素子 R_I に代えてダミーコイル L_N を設けたものである。このダミーコイル L_N は、磁気応答部材17の変位の影響を受ける検出用コイル L_A に直列に接続されているが、該磁気応答部材17の変位の影響を受けないようになっている。演算回路59はこれら電圧 V_A 、 V_N を所定の演算式に従って演算し、例えば「 $V_A + V_N$ 」なる演算によってサイン関数特性の交流出力信号 $\sin\theta \sin\omega t$ を生成し、「 $V_A - V_N$ 」なる演算によってコサイン関数特性の交流出力信号 $\cos\theta \sin\omega t$ を生成する。

【0051】図17は、誘導型の直線位置検出器13に

おいて、一次および2次巻線を利用した例を示す。この直線位置検出器は、1相交流励磁される1次巻線及び直線変位方向に関して異なる位置に配置された複数の2次巻線を含む巻線部16と、磁気応答部材部26を直線変位方向に沿って所定のピッチで複数繰り返して設けて成り、検出対象直線位置に応じて振幅変調された誘導出力交流信号を、各2次巻線の配置のずれに応じて異なる振幅関数特性で、各2次巻線に誘起させる磁気応答部材17とを具備する。各2次巻線に誘起される各誘導出力交流信号は、その振幅関数が磁気応答部材部26の繰り返しピッチを1サイクルとして周期的にそれぞれ変化する。なお、このタイプの直線位置検出器13には、例えば特開平10-153402号公報に示されたものがある。

【0052】磁気応答部材17は、ピン状の芯部17aと、この芯部17aの周囲に前記所定のピッチで複数繰り返して配置された磁気応答部材部26とを含む。磁気応答部材部26は、磁性体または良導電体であり、磁石であっても良い。芯部17aは、特に材質を問わない。要するに、磁気応答部材17は、磁気応答部材部26が存在する箇所とそうでない箇所との間で、巻線部16に及ぼす磁気的応答特性が異なるようになっていればよい。巻線部16は、1相の交流信号によって励磁される1次巻線 $PW1 \sim PW5$ と、直線変位方向 Y に関して異なる位置に配置された複数の2次巻線 $SW1 \sim SW4$ とを含む。1次巻線 $PW1 \sim PW5$ の数は、1または適宜の複数であってよく、その配置も適宜であってよい。

【0053】この直線位置検出器13によると、検出対象たる直線位置の変化に応じて、磁気応答部材17の磁気応答部材部26の巻線部16に対する対応位置が変化することにより、1次巻線 $PW1 \sim PW5$ と各2次巻線 $SW1 \sim SW4$ 間の磁気結合が検出対象直線位置に応じて変化され、これにより、検出対象直線位置に応じて振幅変調された誘導出力交流信号が、各2次巻線 $SW1 \sim SW4$ の配置のずれに応じて異なる振幅関数特性で、各2次巻線 $SW1 \sim SW4$ に誘起される。各2次巻線 $SW1 \sim SW4$ に誘起される各誘導出力交流信号は、1次巻線 $PW1 \sim PW5$ が1相の交流信号によって共通に励磁されるために、その電氣的位相が同相であり、その振幅関数が磁気応答部材部26の繰り返しピッチの1ピッチ p に相当する変位量を1サイクルとして周期的にそれぞれ変化する。

【0054】4つの2次巻線 $SW1 \sim SW4$ は、磁気応答部材部26の繰り返しピッチの1ピッチ p の範囲内において所定の間隔で配置され、各2次巻線 $SW1 \sim SW4$ に生じる誘導出力交流信号の振幅関数が、所望の特性を示すように設定される。例えば、レゾルバタイプの位置検出装置として構成する場合は、各2次巻線 $SW1 \sim SW4$ に生じる誘導出力交流信号の振幅関数が、サイン関数、コサイン関数、マイナス・サイン関数、マイナス

・コサイン関数、にそれぞれ相当するように設定する。例えば同図に示されるように、1ピッチ p の範囲を4分割し、 $p/4$ づつずれた各分割位置に配列する。これにより、各2次巻線 $SW1 \sim SW4$ に生じる誘導出力交流信号の振幅関数が、サイン関数、コサイン関数、マイナス・サイン関数、マイナス・コサイン関数、にそれぞれ相当するように設定することができる。

【0055】図18は巻線部16の回路図であり、1次巻線 $PW1 \sim PW5$ には共通の励磁交流信号（説明の便宜上、 $\sin \omega t$ で示す）が印加される。この1次巻線 $PW1 \sim PW5$ の励磁に応じて、磁気応答部材17の磁気応答部材部26の巻線部16に対する対応位置に応じた振幅値を持つ交流信号が各2次巻線 $SW1 \sim SW4$ に誘導される。夫々の誘導電圧レベルは検出対象直線位置 x に対応して2相の関数特性 $\sin \theta$ 、 $\cos \theta$ 及びその逆相の関数特性 $-\sin \theta$ 、 $-\cos \theta$ を示す。すなわち、各2次巻線 $SW1 \sim SW4$ の誘導出力信号は、検出対象直線位置 x に対応して2相の関数特性 $\sin \theta$ 、 $\cos \theta$ 及びその逆相の関数特性 $-\sin \theta$ 、 $-\cos \theta$ で振幅変調された状態で夫々出力される。なお、 θ は x に比例しており、例えば、 $\theta = 2\pi (x/p)$ のような関係である。説明の便宜上、巻線の巻数等、その他の条件に従う係数は省略し、2次巻線 $SW1$ をサイン相として、その出力信号を「 $\sin \theta \cdot \sin \omega t$ 」で示し、2次巻線 $SW2$ をコサイン相として、その出力信号を「 $\cos \theta \cdot \sin \omega t$ 」で示す。また、2次巻線 $SW3$ をマイナス・サイン相として、その出力信号を「 $-\sin \theta \cdot \sin \omega t$ 」で示し、2次巻線 $SW4$ をマイナス・コサイン相として、その出力信号を「 $-\cos \theta \cdot \sin \omega t$ 」で示す。サイン相とマイナス・サイン相の誘導出力を差動的に合成することによりサイン関数の振幅関数を持つ第1の出力交流信号（ $2 \sin \theta \cdot \sin \omega t$ ）が得られる。また、コサイン相とマイナス・コサイン相の誘導出力を差動的に合成することによりコサイン関数の振幅関数を持つ第2の出力交流信号（ $2 \cos \theta \cdot \sin \omega t$ ）が得られる。なお、表現の簡略化のために、係数「2」を省略して、以下では、第1の出力交流信号を「 $\sin \theta \cdot \sin \omega t$ 」で表わし、第2の出力交流信号を「 $\cos \theta \cdot \sin \omega t$ 」で表わす。

【0056】こうして、検出対象直線位置 y に対応する第1の関数値 $\sin \theta$ を振幅値として持つ第1の出力交流信号 $A = \sin \theta \cdot \sin \omega t$ と、同じ検出対象直線位置 y に対応する第2の関数値 $\cos \theta$ を振幅値として持つ第2の出力交流信号 $B = \cos \theta \cdot \sin \omega t$ とが出力される。このような巻線構成によれば、回転型位置検出装置である従来知られたレゾルバにおいて得られるのと同様の、同相交流であって2相の振幅関数を持つ2つの出力交流信号（サイン出力とコサイン出力）を直線位置検出装置において得ることができることが理解できる。したがって、この構成の直線位置検出装置において得られる2相の出力交流信号（ $A = \sin \theta \cdot \sin \omega t$ と $B = \cos \theta \cdot$

$\sin \omega t$ ）は、従来知られたレゾルバの出力と同様の使い方をすることができる。また、上記のように、4つの2次巻線 $SW1 \sim SW4$ を磁気応答部材部26の繰り返しピッチの1ピッチ p の範囲内において所定の間隔で配置した構成は、巻線部16全体のサイズを磁気応答部材部26の1ピッチの範囲に略対応する比較的小さなサイズに収めることができるので、直線位置検出装置全体の構成を小型化することに役立つ。

【0057】上述の通り、上記構成の誘導型直線位置検出装置13によれば、リニアタイプの位置検出装置でありながら、回転型レゾルバと同様の2相の出力交流信号（ $A = \sin \theta \cdot \sin \omega t$ と $B = \cos \theta \cdot \sin \omega t$ ）を巻線部16の2次巻線 $SW1 \sim SW4$ から出力することができる。従って、適切なデジタル位相検出回路を適用して、前記サイン関数 $\sin \theta$ とコサイン関数 $\cos \theta$ の位相値 θ をデジタル位相検出によって検出し、これに基づき直線位置 x の位置検出データを得るようにすることができる。

【0058】例えば、図19は、公知のR-D（レゾルバードジタル）コンバータを適用した例を示す。巻線部16の2次巻線 $SW1 \sim SW4$ から出力されるレゾルバタイプの2相の出力交流信号 $A = \sin \theta \cdot \sin \omega t$ と $B = \cos \theta \cdot \sin \omega t$ が、それぞれアナログ乗算器60、61に入力される。順次位相発生回路62では位相角 ϕ のデジタルデータを発生し、サイン・コサイン発生回路63から該位相角 ϕ に対応するサイン値 $\sin \phi$ とコサイン値 $\cos \phi$ のアナログ信号を発生する。引算器64では、両乗算器60、61の出力信号の差を求め、この引算器64の出力によって順次位相発生回路62の位相発生動作を制御する。引算器64の出力が0になったとき、位相角 θ のデジタルデータを得る。

【0059】温度変化等によって巻線部16の1次及び2次巻線のインピーダンスが変化することにより2次出力交流信号における電氣的交流位相 ωt に誤差が生じるが、上記のような位相検出回路においては、 $\sin \omega t$ の位相誤差は自動的に相殺される。

【0060】図20は、上記の誘導型直線位置検出装置13に適用される位相検出回路の他の例を示す。この例は、上記の公報（特開平10-153402号）示されたものであり、その説明は省略する。

【0061】つぎに、図21と共に、この曲げ機械の制御系の一例を説明する。曲げ機械制御装置70は、曲げ機械における曲げ動作を制御する手段であり、数値制御機能等を備える。曲げ機械制御装置70は、角度測定器9で曲げ角度を測定しながら曲げ制御を用うものであり、角度測定器9の回路部35の出力は、測定値補正手段36を介して曲げ機械制御装置70に入力される。

【0062】測定値補正手段36は、直線位置検出器13の回路部35で得られる直線位置の計測値を、角度データに変換する処理機能を有するものであり、この角度

データへの変換に際しては、角部接触具12の特性に基づく補正を行う。すなわち、角部接触具12は、上下の支持ピン18、19が共に上下移動可能であって、直線位置検出器13の測定値と角度値との関係は、比例関係とならず、所定の特性曲線を描くため、この特性曲線に応じた補正を行う。測定値制御手段36で得られた曲げ角度は、曲げ機械制御装置70の表示手段39に表示する。

【0063】この曲げ機械の運転方法、および板材曲げ角度の測定動作の概略を図22と共に説明する。まず、ラム3を下降させ、曲げを開始する(R1)。板材Wは、上型4が下型2内に進入することで、上下の型4、2間で曲げられる。下型2が、図7に示すような3点ベンド用のものである場合は、上型2が移動可能な最下点まで下降させる。すなわち、曲げられた板材Wが下型2の底面に接するまで上型2を下降させて曲げを行い、ラム3を上昇に転じさせる(R2)。下型2が、図8に示すようなエアベンド用のものである場合は、曲げ角度の目標値となる上型2の高さよりも所定のオーバストローク量だけ下方(オーバストローク目標値)まで上型2が下降した後、ラム3を上昇に転じさせる。この間、板材Wの曲げ角度を角度測定器9で測定しながら曲げ加工が行われる。板材Wのスプリングバック後の曲げ角度を測定する場合は、上型2を上昇に転じさせる前に、ラム昇降駆動手段6によるラム3の加圧を解除し(R3)、この加圧解除によりスプリングバックが実際に生じた後の板材Wの曲げ部の曲げ角度を、角度測定器9により測定する(R4)。この測定の後、ラム3を上昇復帰させる(R5)。

【0064】角度測定器9による角度の測定は、図6に示すように行われる。同図(A)に示すように、平行リンクからなる角部接触具12は、曲げ部内に進入するまでは、復帰用弾性体25で直線変位部品15が下降付勢されているため、この直線変位部品15に取付けられた上側の支持ピン18およびその下方で直線変位部品15から離れて設けられた下側の支持ピン19は、いずれも上型4に設けられた溝状のガイド21、22の下端に押し付けられた状態にある。そのため、角部接触具12は平行リンクが偏平となる形態となっている。

【0065】上型4が下型2内に進入し、ある程度曲げが進行すると、この角度測定器9は上型4と共に板材Wの曲げ部内に進入することになり、平行リンクからなる角部接触具12は、下側2個のリンク14c、14dの側面が板材Wの凹角部の両側の面に各々沿って傾く。そのため、角部接触具12は、復帰用弾性体25の弾性復元力に抗して、平行リンクの横幅が狭まるように変形を生じ、この変形に伴って、角部接触具25の上側の支持ピン18が固定された直線変位部品15が上昇する。このとき、下側の支持ピン19はガイド22内で上下動自在であるため、下側の支持ピン19も、曲げ角度の深ま

りに伴って上昇する。そのため、直線変位部品15は、板材Wの曲げ角度と比例関係とはならないが、所定の関係曲線をもった量だけ上方に上昇する。

【0066】この直線変位部品15の上昇が、ロッド状の磁気応答部材17の上昇として直線位置検出器13により検出され、その直線位置変位の検出値が、測定値補正手段36(図21)によって曲げ角度に変換される。このようにして曲げ角度の測定が行われる。

【0067】図23～図26と共に、3点ベンドの曲げ機械の場合の学習制御を行う制御系につき説明する。曲げ機械制御装置70は、曲げ制御手段71と、学習制御手段72とを備える。曲げ制御手段71は、曲げ機械の全体を制御する手段であって、加工プログラム(図示せず)に従って制御するコンピュータ式の数値制御装置(図示せず)およびプログラマブルコントローラ等で構成され、ラム昇降制御手段73および下型高さ制御手段74を有する。ラム昇降制御手段73は、曲げ角度の目標角度に従い、ラム3が所定の昇降動作を行うように、ラム昇降駆動装置6に駆動指令を与える手段である。ラム昇降制御手段73は、ラム3のストローク位置を検出するラム位置検出手段37の検出値と、曲げ荷重検出手段38で検出される曲げ荷重と、角度測定器9の曲げ角度の測定値とを監視しながら昇降制御を行うものとしてある。曲げ荷重検出手段38は、ラム昇降駆動手段6となるラムシリンダに設けられた圧力検出手段またはロードセル等からなる。ロードセルの場合、上型4またはラム3に設けられる。下型高さ制御手段74は、曲げ角度の目標角度に応じて、下型2の変位高さ2aの高さを制御する手段であり、下型高さ調整手段29に高さ調整指令を与える。下型高さ制御手段74は、補正部75を有しており、目標角度 θ_0 に対応する下型底面高さに対して、外部から与えられた補正值に従い、補正を行う機能を有する。

【0068】学習制御手段72は、曲げ過程で各種の測定値から補正值を生成して曲げ制御手段71に与える手段であり、補正部75に、下型底面高さの次回補正值を与えるものとしてある。学習制御手段72は、図25に流れ図で示す処理を行って次回補正值を生成する手段であり、図24に示すように、パターンテーブル76、曲げ過程中測定手段77、製品曲げ角度測定手段78、補正值生成手段79を有している。パターンテーブル76は、曲げ過程で生じる上型4の昇降位置、上型4に作用する荷重、および板材Wの曲げ角度の相互関係を複数のパターンに分類し、前記相互関係からパターン番号が選択できるように設定した記憶手段である。曲げ過程中測定手段77は、曲げ過程で、上型4の昇降位置、上型4に作用する荷重、および板材Wの曲げ角度を測定する手段であり、荷重ディップ点検出手段80、およびラムシリンダモーション検出手段81を有する。補正值生成手段79は、パターン検出部82と、補正值生成部83と

(13)

23

でなる。補正值生成部83には、パターン検出部82で設定した各パターン毎に、製品曲げ角度（スプリングバック後の曲げ角度）に対応する下型底面高さの次回補正值 θ_h を与える補正值換算データ84が記憶されている。補正值換算データ84は、関係式であっても、テーブルであっても良い。製品曲げ角度検出手段78は、スプリングバック後の角度を所定のタイミングで取り込む角度検出部85、およびラムシリンダコントロール手段86を有している。

【0069】この学習制御手段72により学習制御を行う曲げ機械の運転方法を説明する。まず、図26と共に、1回の曲げ過程における各部の指令値および測定値を説明する。ラム3のストローク位置（Ps）は、上昇待機位置から、下型底面高さ位置（最下点）まで下降し、上昇待機位置に上昇復帰する。下型底面高さ位置は、上型4が板材Wを下型2に押し付け状態となる高さ位置である。ラム3は、ラム昇降駆動装置6であるラムシリンダの各過程の速度指令例をRS1～RS4で示すように、下降過程では、下型2に近づく所定高さまでは高速で下降し、そこで低速に切り換わって下降を続け、最下点で所定時間だけ加圧を続けながら停止した後、低速で上昇し、高速に切り換わって上昇待機位置まで上昇する。この過程で、ラムシリンダは最下点から上昇動作に移行するときに、圧力がある程度の値（クッション圧力）まで低下させるようにしている。曲げ角度の検出角度 θ_s は、ラム3が下降して上型4が下型2上の板材Wに接したときに、折曲が始まって180度以下の値を示し、ラム3が最下点に達するまで、次第に小さな角度となる。ラム3が最下点で圧力を低下させたとき、または若干上昇したときに、検出角度 θ_s は、板材Wのスプリングバックにより若干戻る。その後、上型4が下型2から脱するまでは、角度測定器4は角部接触具12が板材Wに対する押し付け力が弱まることになるため、検出角度 θ_s は次第に元の180度の値に戻る。曲げ荷重検出手段38の検出荷重（ラムシリンダの荷重）W₀は、ラム3の下降で上型4が板材Wに接したときから発生し、曲げが進行するに従い、降伏状態となるとときに、荷重値が一旦、急激に低下する。この低下し始めるときを荷重ディップ点W₀₀点と呼ぶ。荷重低下の後、上型4が下型2の底面に押し付け状態となることで、検出荷重W₀が再度上昇し、この後、ラム3が上昇して上型4が下型2から脱するまで、検出荷重W₀は次第に低下して零に戻る。

【0070】図25の流れ図に示すように、学習制御では、ラム3の下降過程で、荷重ディップ点検出手段80により検出荷重W₀を監視して荷重ディップ点W₀₀を検出する（ステップS1）。ラムシリンダ3の最下点を検出されるまで、荷重ディップ点の監視、および最下点の監視を行い（S1、S4）、この間に荷重ディップ点から目標角度 θ_m までのラムシリンダのストローク量また

は時間（測定量A）を検出すると共に（S2）、目標角度 θ_m から最下点までのラムシリンダのストローク量または時間（測定量B）を検出する（S3）。荷重ディップ点の検出は、所定時間までに検出されたかをオーバータイム検出過程（S7）で監視し、オーバータイムの場合は計測エラーの信号を出力する。ラム3が最下点に達すると、ラム3の上昇時に、スプリングバック量（測定量C）を検出する（S5）。スプリングバック量の検出は、角度検出部85で得たスプリングバック後の検出角度（製品曲げ角度） θ_2 と下型2への押し付け時の検出角度 θ_1 との差として得られる。図24では、スプリングバック量を演算する手段は、図示を省略してある。このように測定される各測定量A～Cから、図24のパターン検出部82は、パターンテーブル76の該当するパターンを選択し、選択したパターンの認識符号（パターン番号）を、補正值生成部83に伝える。

【0071】ここで、パターン選択を具体的につき説明する。パターンテーブル76は、予め、つまり学習制御を行う前に、オフライン等で作成しておく。この作成は、過去の曲げ加工における測定結果や、実験値、シミュレーション結果等に基づいて作成される。パターンテーブル76は、具体的には、荷重ディップ点W₀₀から目標角度 θ_m までのラムシリンダのストローク量または時間（測定量A）の別に、個々のテーブルとなるパターン番号シート（S1～Sn）を設定したシート群として設けられる。1枚のパターン番号シートには、目標角度 θ_m から最下点までのラムシリンダのストローク量または時間（測定量B）と、スプリングバック量（測定量C）との関係で定まるパターン番号（1, 2, …）が記録されている。図24のパターン検出部82は、まず、測定量Aから該当するパターン番号シートを選択し、その選択したパターン番号シートから、測定量Bおよび測定量Cの関係で定まるパターン番号（1, 2, …）を選択する。

【0072】補正值生成部83は、補正值換算データ84として、各パターン毎に、曲げ角度誤差（ θ_e ）と次回補正值 θ_h の関係曲線が設定してある。角度検出部85で得たスプリングバック後の検出角度（製品曲げ角度） θ_2 は、目標角度（ θ_m ）と比較され、その曲げ角度誤差（ θ_e ）が、補正值生成部83で該当パターンの関係曲線により次回補正值 θ_h に変換される。このようにした生成された次回補正值 θ_h は、曲げ制御手段41の下型高さ制御手段44における補正部45に入力される。次の曲げ加工時は、曲げ角度の目標値に対する下型高さを、次回補正值 θ_h で補正した高さに制御して曲げ加工が行われる。次回補正值 θ_h は、そのまま補正に用いても良く、また複数回の曲げ加工における次回補正值 θ_h の結果や適宜の測定結果等と共に、統計学的に処理した値で補正に用いるようにしても良い。このようにして、3点ベンドにおける学習制御が行われる。なお、

50

この学習制御による補正は、例えば、曲げ角度の目標値や、板厚、材質等が変わったときに行い、同じ条件の加工を繰り返すときは、学習制御機能を使わずに加工を行うようにする。

【0073】図27～図29と共に、エアーベンドの曲げ機械の場合の学習制御を行う制御系につき説明する。曲げ機械制御装置70は、曲げ制御手段71Aと学習制御手段72Aとを備える。曲げ制御手段71Aは、図23の例と同じく、加工プログラムに従って制御するコンピュータ式の数値制御装置およびプログラブルコントローラで構成される。曲げ制御手段71Aは、ラム昇降制御手段73Aを有するが、図23の例の下型高さ制御手段74は有しておらず、ラム昇降制御手段73Aに、補正部75Aを有している。ラム昇降制御手段73Aは、ラム位置検出手段37のストローク位置と、曲げ荷重検出手段38の曲げ荷重と、角度測定器9の曲げ角度の測定値とを監視しながら昇降制御を行うものとしてある。補正部75Aは、目標角度に対応するオーバストローク目標値を、外部から与えられた補正值に従って補正する機能を有する。

【0074】学習制御手段72Aは、図28に示すように、パターンテーブル76A、荷重ディップ点検出手段80A、パターン検出部82A、スプリングバック後の角度検出部78A、補正值生成部83A、およびNC装置への出力コントロール部86Aを有する。パターン検出部82Aおよび補正生成部83Aにより、補正值生成手段79Aが構成される。NC装置への出力コントロール部86Aには、スプリングバック後の角度測定のために、後述のようにオーバストローク目標値からラム3を一旦所定高さだけ再上昇させ、下降の後に、上昇復帰に移行させる動作（リトライ）を行わせる機能を有しており、この機能を備える部分と、角度検出部85Aとで、製品曲げ角度測定手段78Aが構成される。NC装置は、曲げ機械手段73Aにおける数値制御を行う装置部分のことである。パターンテーブル76Aは、予め、つまり学習制御を行う前に、オフライン等で作成しておく。この作成は、過去の曲げ加工における測定結果や、実験値、シミュレーション結果等に基づいて作成される。パターンテーブル76Aは、具体的には、荷重ディップ点 W_{00} から目標角度 θ_m までのラムシリンダのストローク量（この量は、この例では時間によって代用している）の別に、パターンを分類したものである。補正值生成部83Aには、補正值換算データ84Aとして、各パターン毎に、製品曲げ角度 θ_p と目標角度 θ_m との誤差 θ_e と、オーバストローク目標値 P_{so} の次回補正值 P_a の関係曲線が設定してある。他の各部の機能は、次の運転方法の説明と共に説明する。

【0075】この学習制御手段72Aによって学習制御を行う曲げ機械の運転方法を説明する。まず、図29と共に、1回の曲げ過程における各部の動作および測定値

等を説明する。ラム3は、ラムストローク位置 P_s の曲線を示すように、上死点等の上昇待機位置から、オーバストローク目標値 P_{so} まで下降し、その後、板材 W のスプリングバック後の曲げ角度の検出のために、一旦、上昇し、再度下降した後、上昇待機位置まで上昇する。曲げ角度の検出角度 θ_s は、ラム3が下降して上型4が下型2上の板材 W に接したときに、折曲が始まって180度以下の値となり、ラム3がオーバストローク目標値 P_{so} に達するまで、次第に小さな角度となる。その後、ラム3が上昇すると、上型4が下型2から脱するまでは、角度測定器4は角部接触具12が板材 W に対する押し付け力が弱まることになるため、検出角度 θ_s は次第に元の180度の値に戻る。スプリングバックの関係については、後に説明する。曲げ荷重検出手段38の検出荷重（ラムシリンダの荷重） W は、ラム3の下降で上型4が板材 W に接したときから発生し、曲げが進行するに従い、降伏状態となるときに、荷重値が一旦、急激に低下する。この低下し始めるときを荷重ディップ点 W_{00} と呼ぶ。荷重低下の後、上型4がオーバストローク目標値 P_{so} に達して上昇に転じる間に、検出荷重 W は塑性加工の特性のために一時的に再度上昇するが、さらにラム3が上昇して上型4が下型2から脱するまで、検出荷重 W は次第に低下して零に戻る。

【0076】図28における学習制御手段72Aの荷重ディップ点検出手段80Aは、検出荷重 W を監視して荷重ディップ点 W_{00} を検出する。パターン検出部82Aは、荷重ディップ点検出手段80Aの検出信号と、角度測定器9の検出角度 θ_s と、時間とを監視し、荷重ディップ点 W_{00} の検出の後、検出角度 θ_s が目標角度 θ_m になるまでの時間 Δt を検出する。この時間 Δt は、荷重ディップ点の検出の後、目標角度 θ_m になるまでのラム3のストロークを間接的に示す。パターン検出部82Aは、このように検出した時間 Δt （ラムストローク）を、パターンテーブル76Aで照合して曲げ特性のパターンを選択する。パターン検出部82Aは、さらに、検出した時間 Δt （ラムストローク）に応じて、次のオーバストローク目標値 P_{so} を出力する。製品曲げ角度測定手段78は、検出角度 θ_s および検出荷重 W を監視し、曲げ過程後、板材 W のスプリングバックが発生したときの板材 W の曲げ角度を検出する。具体的には、ラム3がオーバストローク目標値 P_{so} に達すると、出力コントロール部86Aの制御により、ラム3は一旦上昇して再度下降する。すなわちリトライ動作を行う。角度検出部85Aは、出力コントロール部86Aからリトライ動作の開始の信号が入力されると、検出荷重 W を監視し、検出荷重 W の立ち上がり時の角度測定器9の検出角度 θ_s を、製品曲げ角度 θ_p として検出する。すなわち、リトライ動作で上型4が板材 W へ再押し付けされると、検出荷重 W が発生する。この検出荷重 W の立ち上がりを利用して測定タイミングを得る。リトライ動作

による再押し付けによって角度検出するのは、角度測定器9の角部接触具12を板材Wに対して確実な押し付け状態として検出精度を向上させるためである。このようにして検出された製品曲げ角度 θ_p は、目標角度 θ_t と比較し、その誤差 θ_e を、補正値生成部83Aでオーバーストローク目標値の補正値Paに換算し、出力する。補正値生成部83Aは、パターン検出部82Aで検出したパターンに対応する関係曲線を選択し、その関係曲線に従って誤差 θ_e を補正値Paに換算する。補正値生成部83Aから出力された次回補正値Paは、補正部75Aに10 入力され、補正部75Aは、パターン検出部82Aから出力されたオーバーストローク目標値Psoを次回補正値Paによって補正する。このように補正された後のオーバーストローク目標値Pso-Paにより、次の曲げ加工におけるラム3のオーバーストロークが制御される。このように、学習制御が行える。

【0077】なお、前記実施形態は、この角度測定器を曲げ機械に組み込んだ場合につき説明したが、この発明の角度測定器は、被測定物の凹角部の角度測定一般に用いることができる。

【0078】

【発明の効果】この発明の角度測定器は、被測定物の凹角部を形成する両側の角部形成面に接触して角部形成面間の開き角度に応じた直線位置の変位を生じる角部接触具と、この角部接触具の直線位置変位を測定する誘導型の直線位置検出器とを備えたものであるため、角度を精度良く測定することができる。この発明において、角部接触具が、前記被測定物の凹角部内に進入して両側の角部形成面に接触する接触部品、およびこの接触部品の変位に伴って凹角部への進入方向の直線位置変位を生じる直線変位部品を有し、前記誘導型直線位置検出器が、巻線部と、この巻線部内を直線方向に進退自在とされるロッド状の可動コア部材とを有し、この可動コア部材が角部接触具の直線変位部品に結合されるものである場合は、上記の精度の良い角度測定が実現できる。この発明において、直線位置検出器は、直線位置の変位を電気的な位相角の変化で検出する検出器であって、同相の交流信号で励磁される複数のコイルと、直線位置が変位して前記コイルのインダクタンスを変化させる磁気応答部材と、演算回路とを有し、前記演算回路は、前記複数のコイルの出力電圧を組み合わせることで複数の交流出力信号を生成するものとした場合、あるいはさらに、前記演算回路が、これら複数の交流出力信号における振幅値の相関関係から、直線位置の変位に対応する位相角を検出するものとした場合は、小型かつシンプルな構造を持つと共に、利用可能な位相角範囲を広くとることができ、高分解能での検出が可能で、温度特性の補償も容易なものとなる。この発明において、誘導型直線位置検出器が、1相の交流信号によって励磁される1次巻線及び直線変位方向に関して異なる位置に配置された複数の2次巻線を

含む巻線部と、検出対象たる直線位置に連動して前記巻線部に対して相対的に変位されるものであり、かつ、所定の磁気応答特性を持つ磁気応答部材部を直線変位方向に沿って所定のピッチで複数繰り返して設けた磁気応答部材とを具備するものである場合は、小型で、簡単な構造で、広範囲の角度測定が可能であり、しかも高分解能で検出が行える。角部接触具が、雌雄の型で板材を折曲する曲げ機械における雄側の型に支持されたものである場合は、曲げ機械の型にコンパクトに内蔵でき、かつ簡素な構成のものとなる。前記雄型が、型幅方向に多数並ぶ分割型に分割されていて、前記角部接触具および直線位置検出器は、いずれかの分割型の相互の分割面に形成された凹部に收容され、かつ前記角部接触具は、分割型の相互の分割面に形成されたガイドに前記所定部位の直線位置の変位が可能のように支持されたものである場合は、型幅変更のために分割した分割面を利用し、角度測定器を型内にコンパクトに納めることができ、かつ簡素な構成のものとなる。

【図面の簡単な説明】

20 【図1】この発明の角度測定器を応用した曲げ機械の正面図である。

【図2】同曲げ機械の側面図である。

【図3】(A)～(C)は、各々同曲げ機械の上型における分割型の断面図、正面図、および側面図である。

【図4】(A)は同分割型の先端部を拡大して示す側面図、(B)はその変形例の側面図である。

【図5】(A)はこの発明の一実施形態にかかる角度測定器を上型と共に示す破断正面図、(B)はその側面図である。

30 【図6】同角度測定器の動作説明図である。

【図7】同曲げ機械の下型と上型の関係を示す側面図である。

【図8】同曲げ機械の下型の変形例と上型の関係を示す側面図である。

【図9】同曲げ機械の下型の他の変形例と上型の関係を示す側面図である。

【図10】(A)～(C)は、各々同角度測定器の直線位置検出器を示す外観斜視図、コイル軸方向に沿う断面図、および同コイルに関連する電気回路図である。

40 【図11】同直線位置検出器の検出動作の説明図である。

【図12】直線位置検出器の変形例を示す、コイル部に関連する電気回路図である。

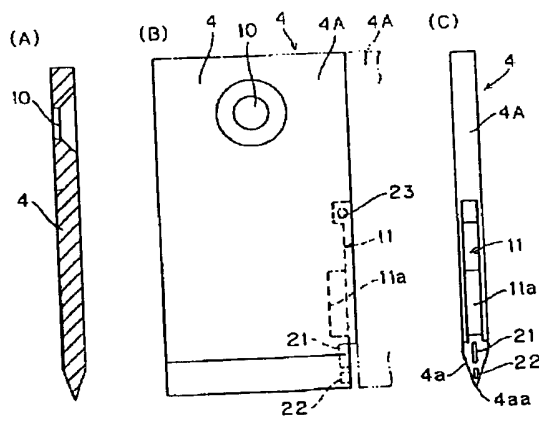
【図13】直線位置検出器の他の変形例を示す、コイル部に関連する電気回路図である。

【図14】直線位置検出器のさらに他の変形例を示す、コイル部に関連する電気回路図である。

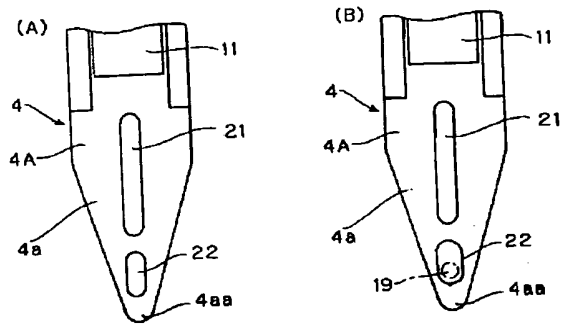
【図15】直線位置検出器のさらに他の変形例を示す、コイル部に関連する電気回路図である。

50 【図16】直線位置検出器のさらに他の変形例を示す、

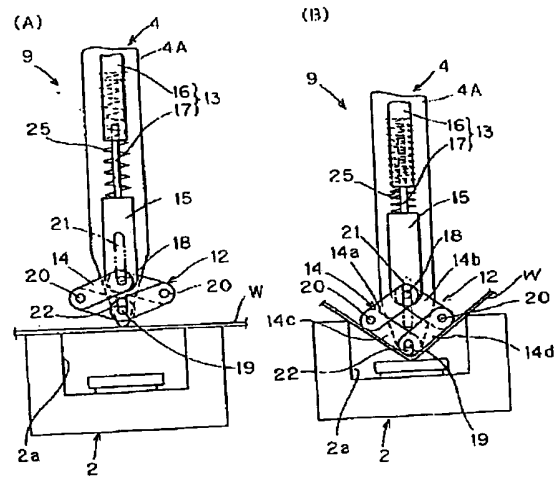
【図3】



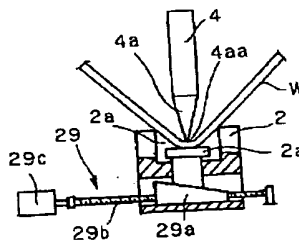
【図4】



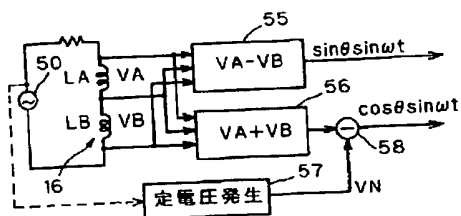
【図6】



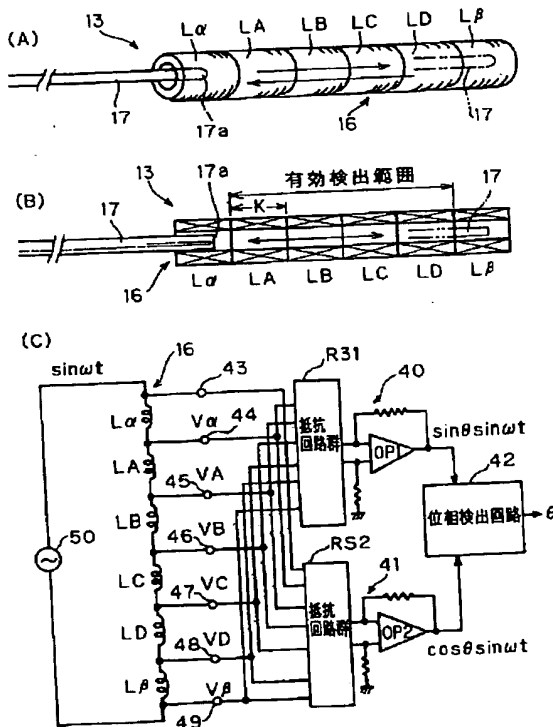
【図7】



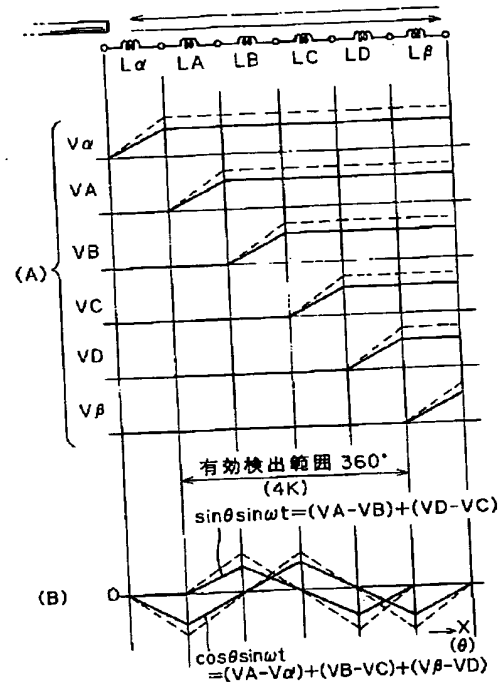
【図14】



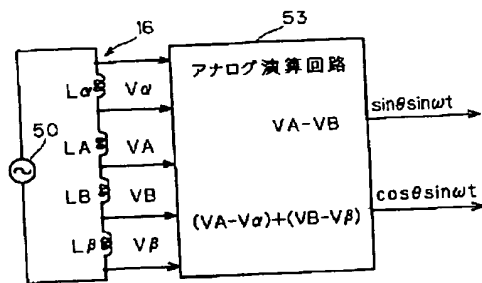
【図10】



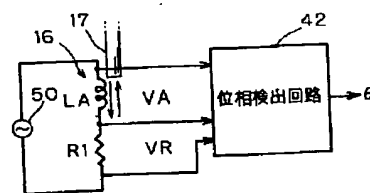
【図11】



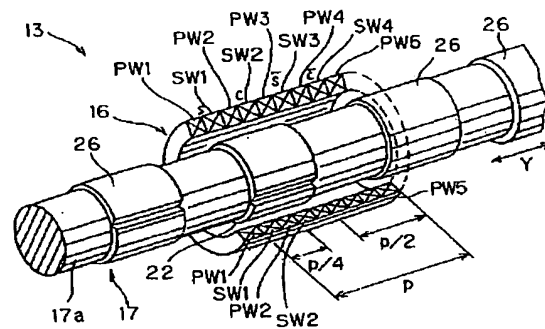
【図12】



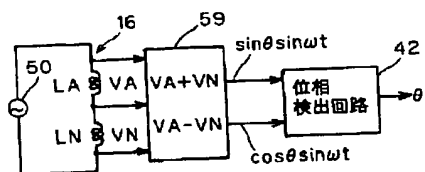
【図15】



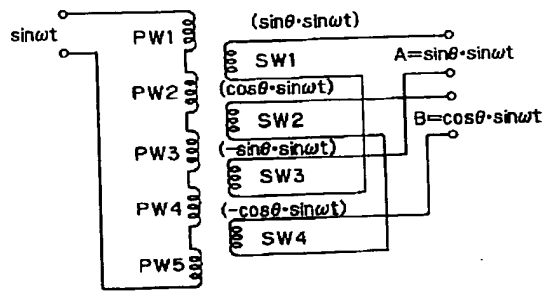
【図17】



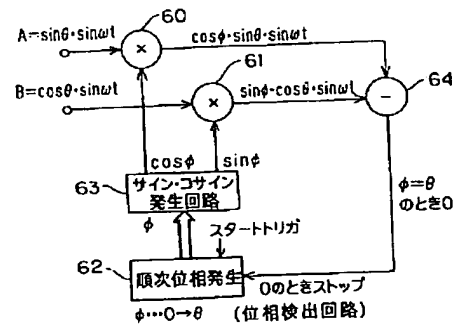
【図16】



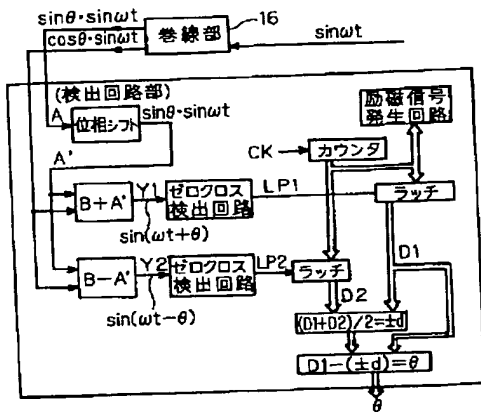
【図18】



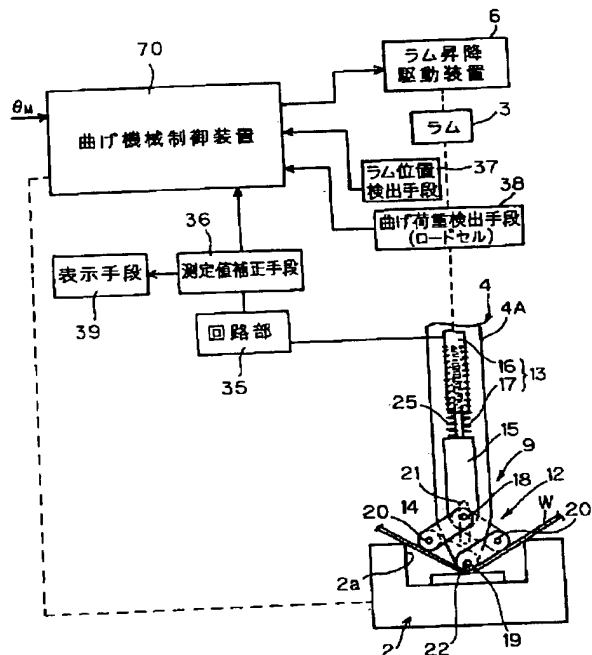
【図19】



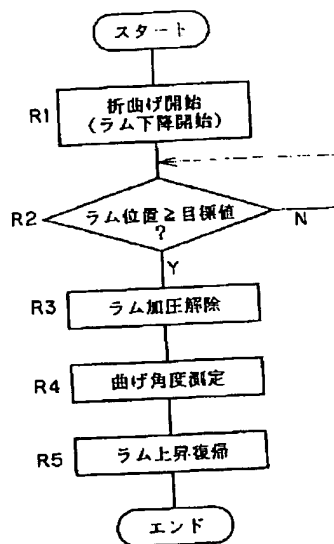
【図20】



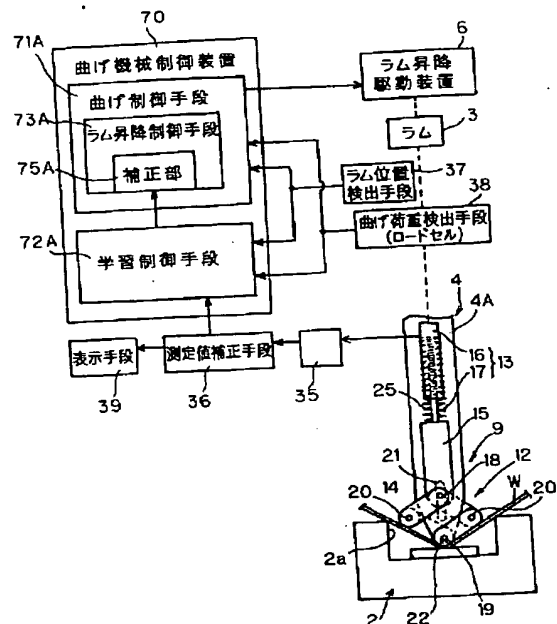
【図21】



【図22】



【圖27】



【圖 24】

